



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 101 04 611 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**C 23 C 14/22**  
C 23 C 16/513  
C 23 C 24/10

21 Aktenzeichen: 101 04 611.1  
22 Anmeldetag: 2. 2. 2001  
43 Offenlegungstag: 14. 8. 2002

DE 101 04 611 A 1

71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Beck, Thomas, 71737 Kirchberg, DE; Weber,  
Thomas, Dr., 70193 Stuttgart, DE; Schatke,  
Alexander, Dr., 55124 Mainz, DE; Henke, Sascha,  
Dr., 71263 Weil der Stadt, DE

56 **Entgegenhaltungen:**

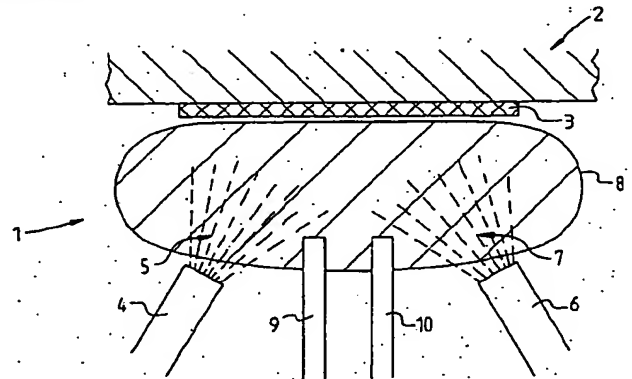
DE 199 58 473 A1  
DE 199 07 105 A1  
DE 198 07 086 A1  
EP 09 15 184 A1  
EP 06 22 476 A1  
JP 61-1 04 063 A  
JP 02-1 56 072 A

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 **Vorrichtung zur keramikartigen Beschichtung eines Substrates**

57 Es wird eine Vorrichtung zur keramikartigen Beschichtung eines Substrates (2), wobei Mittel zum Aufbringen eines Werkstoffes (5, 7), insbesondere mittels eines Plasmas (8), auf einer Oberfläche des Substrates (2) vorgesehen sind, vorgeschlagen, die gegenüber dem Stand der Technik eine keramische Beschichtung (3) von vergleichsweise temperaturempfindlichen Substraten (2) ermöglicht. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass eine von einer Werkstoffquelle (4, 6) des zur Beschichtung vorgesehenen Werkstoffes (5, 7) verschiedenen Energiequelle zum örtlich definierten Energieeintrag in den vor und/oder auf der Oberfläche befindlichen Werkstoff (3, 5, 7, 8) vorgesehen ist.



DE 101 04 611 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur keramikartigen Beschichtung eines Substrates nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

## Stand der Technik

[0002] Vor allem mit Plasmaverfahren können keramikartige Schichten mit hervorragenden mechanischen, elektrischen, optischen und chemischen Eigenschaften hergestellt werden. Entsprechende Verfahren werden schon länger für die Beschichtung von Werkzeugen zur Standzeitverlängerung oder zur Erhöhung der Lebensdauer von mechanisch belasteten Bauteilen oder Maschinenelementen, wie z. B. Wellen, Lagerkomponenten, Kolben, Zahnräder oder dergleichen, sowie zur dekorativen Gestaltung von Oberflächen eingesetzt. Hierbei kommen zahlreiche metallische Verbindungen, wie z. B. hochschmelzende Oxide, Nitride und Karbide von Aluminium, Titan, Zirkonium, Chrom oder Silizium zum Einsatz. Insbesondere die titanbasierten Schichtsysteme, wie TiN-, TiCN- oder TiAlN-Schichtsysteme, werden vor allem als Verschleißschutz auf Zerspanwerkzeuge eingesetzt.

[0003] Es sind auch superharte Materialien bekannt, die eine Kombination eines nanokristallinen (nc), harten Übergangsmetallnitrids  $\text{Me}_n\text{N}$  mit amorphem (a)  $\text{Si}_3\text{N}_4$  darstellen. In solchen nc-MeN/a- $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Kompositmaterialien nimmt beispielsweise die Härte mit abnehmender Kristallitgröße unterhalb von etwa 4 bis 5 Nanometer stark zu und nähert sich bei 2 bis 3 Nanometer an derjenigen des Diamantes an. Insbesondere die mehrphasige Struktur der Beschichtung führt beispielsweise zu Schichten mit Härten > 2500 HV bei vergleichsweise geringer Sprödhheit.

[0004] Entsprechende Schichten werden insbesondere durch Plasmaactivated Chemical Vapor Deposition (PACVD) Verfahren bei Temperaturen von ca. 500 bis 600°C hergestellt. So wird insbesondere durch die vergleichsweise hohe Temperatur des Substrats und folglich der Beschichtung eine Diffusion entsprechend amorph abgeschiedener Beschichtungsbestandteile und somit die Bildung von Nanokristalliten in einer amorphen Matrix ermöglicht.

[0005] Nachteilig hierbei ist jedoch, dass vergleichsweise temperaturempfindliche Werkstoffe, wie beispielsweise zahlreiche Kunst- oder Verbundstoffe, zu Gefügeveränderung neigende Legierungen oder dergleichen, nicht beschichtet werden können.

## Vorteile der Erfindung

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, eine Vorrichtung zur keramikartigen Beschichtung eines Substrates, wobei Mittel zum Aufbringen eines Werkstoffes, insbesondere mittels eines Plasmas, auf einer Oberfläche des Substrates vorgesehen sind, vorzuschlagen, die gegenüber dem Stand der Technik auch eine keramikartige Beschichtung von vergleichsweise temperaturempfindlichen Substraten ermöglicht.

[0007] Diese Aufgabe wird ausgehend von einer Vorrichtung der einleitend genannten Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0008] Durch die in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen sind vorteilhafte Ausführungen und Weiterbildungen der Erfindung möglich.

[0009] Dementsprechend zeichnet sich eine erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch aus, dass eine von einer Werkstoffquelle des zur Beschichtung vorgesehenen Werkstoffes

verschiedene Energiequelle zum örtlich definierten Energieeintrag in den vor und/oder auf der Oberfläche befindlichen Werkstoff vorgesehen ist.

[0010] Erfindungsgemäß ist hierdurch, insbesondere ein innerer einer Lage, nanostrukturiertes keramisches, qualitativ hochwertiges Schichtsystem realisierbar, das nanostrukturierte Metallkristallite mit einer Kristallgröße bis etwa 100 nm, beispielsweise bestehend aus MeO, MeN oder MeC, in einem weiteren Gefüge, das amorph, kristallin oder metallisch ist und z. B. aus amorphen Silizium-Verbindungen oder dergleichen besteht, umfasst.

[0011] Die nanostrukturierte Lage enthält mindestens eine kristalline Hartstoffphase. Hierdurch wird insbesondere die Schichthärte wesentlich erhöht, beispielsweise können Härten von über 4000 HV bei Einlagerung von TiO-Kristalliten erreicht werden. Gleichzeitig wird die Sprödhheit der keramischen Schichten, insbesondere durch die Nanostrukturierung, abgebaut. Das gesamte Schichtsystem kann ein- oder mehrlagig, chemisch und anteilig gradiert und/oder ungradiert sein. Weiterhin kann durch eine kohlenstoffhaltige Deckschicht eine Einlaufschicht realisiert werden.

[0012] Vorteilhafterweise können darüber hinaus entsprechende Nanokomposite, beispielsweise bei Substrattemperaturen  $T < 400^\circ\text{C}$ , vorzugsweise bei Temperaturen  $T < 250^\circ\text{C}$ , abgeschieden werden, so dass auch vergleichsweise temperaturempfindliche Substrate beschichtbar sind.

[0013] Erfindungsgemäß erfolgt die Zufuhr kinetischer Energie zur Erhöhung der Oberflächenbeweglichkeit und somit zur Diffusion der abgeschiedenen Werkstoffbestandteile vorzugsweise über eine zusätzliche Plasmaanregung, so dass gegenüber dem Stand der Technik insbesondere wesentlich höhere Ionendichten erzielt werden können, was auch aufgrund einer entsprechenden Veränderung der Farbe sowie der Helligkeit des Plasmas verdeutlicht wird. Mittels der Plasmaanregung bzw. höheren Ionendichte und somit höheren Energiedichte erhalten die zunächst amorph abgeschiedenen Teilchen auf dem Substrat genügend Energie zur Diffusion, um auf dem Substrat beispielsweise TiO-Kristallite in Nanometergröße bilden zu können. Auch sind hierfür weitere Plasmaquellen denkbar, die insbesondere bei niedrigerem Druck, z. B. im Feinvakuum, betrieben werden.

[0014] Vorzugsweise wird durch die hohe Ionenenergie bzw. Ionendichte insbesondere mittels einer Zerschlagung von bereits entstandenen Mikrokristalliten, deren Aufbau verhindert und gleichzeitig das vorteilhafte nanokristalline Wachstum begünstigt. Hierdurch können u. a. auch verschiedenste dreidimensionale Bauteile entsprechend beschichtet werden.

[0015] In einer besonderen Ausführungsform der Erfindung erfolgt der Energieeintrag in den auf der Oberfläche befindenden Werkstoff, so dass wiederum die zunächst amorph abgeschiedenen Teilchen auf dem Substrat genügend Energie zur Diffusion zur Verfügung haben, um wiederum auf dem Substrat beispielsweise kubische, hexagonale, metallische oder sonstige Kristallite in Nanometergröße bilden zu können.

[0016] In vorteilhafter Weise ist eine Mikrowelleneinheit für den Energieeintrag vorgesehen, so dass beispielsweise beim Sputtern die Ionendichte des Werkstoffes durch Zusatzionisation erhöht werden kann. Hierdurch können vorteilhafte Ionisationsdichten von ungefähr  $10^{10}$  bis  $10^{13}$  Ionen pro  $\text{cm}^3$  realisiert werden, so dass der zunächst amorph abgeschiedene Werkstoff auf dem Substrat genügend Energie zur Diffusion zur Verfügung hat. Vorzugsweise wird hierfür Mikrowellenstrahlung zur sogenannten Elektron Cyklotron Resonanzanregung (ECR) vorgesehen.

[0017] In einer besonderen Ausführungsform der Erfindung ist eine Ionenquelleneinheit für den Energieeintrag

vorgesehen, so dass wiederum eine vorteilhafte Plasmaanregung bzw. Erhöhung der Ionisationsdichte realisiert wird, wodurch die Diffusion des zunächst amorph abgeschiedenen Werkstoffes auf dem Substrat ermöglicht wird.

[0018] Alternativ hierzu kann beispielsweise auch eine DC- oder RF-angeregte Hohlkathodeneinheit oder dergleichen für den erfindungsgemäßen Energieeintrag vorgesehen werden. Diesen Einheiten gemeinsam ist der erfindungsgemäße örtlich definierte Energieeintrag vorzugsweise in den vor der Oberfläche des Substrates befindenden Werkstoff: [0019] Weiterhin ist in vorteilhafter Weise eine UV-Einheit oder dergleichen vorgesehen. Mit diesen Einheiten erfolgt vorzugsweise der Eintrag zusätzlicher kinetischer Energie zur Diffusion der zunächst auf dem Substrat amorph abgeschiedenen Teilchen in den auf der Oberfläche des Substrats befindenden Werkstoff.

[0020] In einer besonderen Weiterbildung der Erfindung ist eine Kühlvorrichtung zur Kühlung des Substrates vorgesehen.

[0021] Hierdurch wird in vorteilhafter Weise gewährleistet, dass eine möglichst weitestgehende Absenkung der Substrattemperatur realisiert wird. Insbesondere mittels dieser Maßnahme sind temperaturempfindlichere Substrate beschichtbar.

[0022] Vorzugsweise wird die Kühlvorrichtung mittels einem metallischen oder sonstigen gut wärmeleitenden Substratträger realisiert. Darüber hinaus kann die Kühlvorrichtung auch von einem vorteilhaften Kühlmittel durchströmt werden, so dass eine weitere Absenkung der Substrattemperatur erreicht werden kann.

[0023] In einer besonderen Ausführungsform der Erfindung ist eine Spannungsquelle zur Erzeugung eines elektrischen Feldes zwischen der Werkstoffquelle und dem Substrat vorgesehen. Hierdurch wird gewährleistet, dass beispielsweise ein vorteilhafter Potentialverlauf zwischen der Werkstoffquelle und dem Substrat erzeugt wird und dass eine Aufladung des Substrates, insbesondere mittels einer RF-Substrat- oder Biasspannung, verhindert wird.

#### Ausführungsbeispiel

[0024] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird anhand der Figuren nachfolgend näher erläutert.

[0025] Im Einzelnen zeigen

[0026] Fig. 1 einen schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0027] Fig. 2 eine schematische 3D-Darstellung eines Ausschnitts einer erfindungsgemäß hergestellten Beschichtung,

[0028] Fig. 3 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäß hergestellten mehrlagigen Schicht,

[0029] Fig. 4 eine schematische Darstellung eines weiteren erfindungsgemäß hergestellten mehrlagigen Schicht und

[0030] Fig. 5 eine schematische Darstellung eines dritten erfindungsgemäß hergestellten mehrlagigen Schicht.

[0031] In Fig. 1 ist schematisch ein Ausschnitt einer Beschichtungskammer 1 während einem Beschichtungs Vorgang dargestellt. Hierbei wird auf ein Substrat 2 eine Schicht 3 bei einem Kammerdruck von ungefähr  $10^{-3}$  bis  $10^{-2}$  mbar aufgebracht. So wird von einer Sputterquelle 4 ein erster Werkstoff 5 zerstäubt. Entsprechend wird von einer Sputterquelle 6 ein zweiter Werkstoff 7 gleichzeitig oder zeitversetzt mit dem Werkstoff 5 zerstäubt. Der erfindungsgemäß örtlich definierte Energieeintrag in die beiden Werkstoffe 5, 7 erfolgt mittels dem in Fig. 1 schematisch dargestellten Plasma 8. Die Plasmaerzeugung bzw. auch Plasmaanregung erfolgt beispielsweise mittels einer nicht näher dargestellten

ECR-Mikrowellenquelle, wobei beispielsweise Argon, Helium, Sauerstoff oder dergleichen als Plasmagas vorgesehen ist. Das Plasma 8 wird beispielsweise mit einer Mikrowellenstrahlung der Frequenz 2,45 GHz mit einer schichtdicken abhängigen Leistung von vorzugsweise 1 kW erzeugt. Die Mikrowellenstrahlung wird beispielsweise über eine nicht näher dargestellte Stabantenne eingekoppelt.

[0032] Beispielsweise kann die Sputterquelle 4 ein Metall, ein Metalloxidtarget oder ein Mischtarget umfassen, wobei das Metall beispielsweise Titan, Chrom, Kupfer, Zirkonium oder dergleichen sein kann.

[0033] Mittels einer Gaszufuhr 9 und 10 können während der Beschichtung je nach Bedarf zwei verschiedene Reaktionsgase zudosiert werden. Beispielsweise kann durch die Gaszufuhr 9 Sauerstoff in die Beschichtungskammer 1 zudosiert werden, um oxidische Keramikschichten herzustellen. Wird gegebenenfalls eine Sputterquelle 4 mit einem Metalloxidtarget verwendet, so können oxidische Keramikschichten auch ohne eine Sauerstoffzufuhr mittels der Gaszufuhr 9 hergestellt werden.

[0034] Die Sputterquelle 6 kann beispielsweise ein Silizium- und/oder Kohlenstofftarget umfassen, so dass die Sputterquelle 6 insbesondere mit durch die Gaszufuhr 10 zugeführtem Stickstoff die Bildung der amorphen Matrix, wie Siliziumnitrid oder dergleichen, ermöglicht. Alternativ kann die Gaszufuhr 10 auch andere Gase zuführen, so dass bei Bedarf auch andere Matrices hergestellt werden können.

[0035] Erfahrungsgemäß erfolgt die Reaktion der Sputterbestandteile größtenteils erst auf dem Substrat. Mittels der ECR-Mikrowellenquelle wird erfindungsgemäß durch das Plasma 8 zusätzliche Energie in die zerstäubten bzw. abgeschiedenen Partikel eingetragen, ohne dass das Substrat nennenswert erwärmt wird. Hierdurch kann die Substrattemperatur vergleichsweise klein gehalten werden. Aufgrund der durch die ECR-Mikrowellenquelle eingetragene Energie erfolgt die Bildung von Partikel in Nanometergröße, beispielsweise von Titanoxidpartikeln, in der Beschichtung 3 auf dem Substrat durch Diffusion der zunächst amorph abgeschiedenen Teilchen. Folglich werden die hohen Temperaturen des Substrats, die zur Bildung der nanostrukturierten Beschichtung gemäß dem Stand der Technik führen, nicht benötigt, so dass erfindungsgemäß auch temperaturempfindliche Substrate beschichtet werden können.

[0036] Erfindungsgemäß ist die Beschichtung beliebig skalierbar, ohne dass beispielsweise das Substrat als Elektrode zur Verdichtung der aufgetragenen Beschichtung verwendet werden muss. Eine besondere Ausführungsform der Erfindung umfasst jedoch eine Spannungsquelle, die beispielsweise eine RF-Biasspannung an dem Substrat vorsieht. Hierdurch wird vor allem lediglich eine Aufladung des Substrats 2 verhindert, so dass sich insbesondere die Abscheidung der Werkstoffe 5, 7 auch über einen vergleichsweise längeren Beschichtungszeitraum nicht nachteilig verändert.

[0037] Fig. 2 zeigt anschaulich einen schematischen dreidimensionalen Ausschnitt einer Schicht 3 mit mindestens zwei mehrkomponentigen Phasen 11, 12, wobei Nanokristallite 11 in ein amorphes, refraktäres Netzwerk 12 eingebunden sind. Beispielsweise kann es sich bei den Nanokristalliten 11 um  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{TiN}$ ,  $\text{ZrN}$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{TiC}$ ,  $\text{SiC}$ , Kohlenstoff- oder entsprechende Nanokristallite 11 sowie verschiedensten Mischungen hiervon mit Korngrößen im Bereich von 5 bis 20 nm handeln. Erfindungsgemäß ist hierbei der Anteil des Oberflächenvolumens am Gesamtvolumen sehr hoch und die Grenzflächen zwischen den Nanokristalliten 11 und der amorphen Matrix 12 vergleichsweise scharf.

[0038] In Fig. 3 ist schematisch ein Schichtaufbau einer erfindungsgemäß hergestellten Beschichtung 3 dargestellt,

wobei auf dem Substrat 2 die nanoskalige Multilagenschicht 3 aufgebracht ist. Hierbei umfasst die Schicht 3 einen Haftvermittler 13, der optional aufgebracht werden kann und beispielsweise aus einer metallischen Schicht besteht, wie zum Beispiel aus einer ca. 300 nm dicken Titan-Haftschi-  
 Als nächste Schicht 14 kann beispielsweise eine Schicht gemäß der Fig. 2 aufgebracht werden, d. h. beispielsweise eine amorphe Siliziumnitridschicht 12 mit nanoskaligen Titanoxid- und/oder Kohlenstoff-Partikeln 11. Anschließend kann optional beispielsweise eine Deckschicht 15 aufgebracht werden, die vorzugsweise aus amorphem Kohlenstoff besteht.

[0039] Erfindungsgemäß können neben nahezu planaren Substraten auch dreidimensionale Bauteile wie Bohrer oder dergleichen mit einer entsprechenden nanoskaligen Multilagenschicht 3 beschichtet werden.

[0040] Der dreilagige Schichtaufbau gewährleistet insbesondere mittels dem Haftvermittler 13 eine gute Haftung der superharten keramischen Metalloxidschicht 14 auf dem Substrat 2. Die Deckschicht 15 stellt beispielsweise bei ähnlicher Härte einen hohen Reibbeiwert sicher, so dass insbesondere die Reibeigenschaften der nanostrukturierten Schicht in einer Einlaufphase von mechanisch belasteten Bauteilen oder Maschinenelementen, wie z. B. Wellen, Lagerkomponenten, Kolben, Zahnräder oder dergleichen, der beiden Reibpartner oder über die gesamte Lebensdauer der beiden Reibpartner verbessert wird.

[0041] Alternativ zum Schichtaufbau gemäß der Fig. 3 kann ein Schichtaufbau gemäß der Fig. 4 vorgesehen werden. Hierbei ist entsprechend der Fig. 3 optional der Haftvermittler 13 und eine Schicht 14, die beispielsweise ein amorphes Kohlenstoffnetzwerk 12 mit nanoskaligen Titanoxidpartikeln 11 umfasst, vorgesehen.

[0042] Gemäß der Fig. 5 kann ein alternativer Schichtaufbau wiederum mit einem optional aufzubringenden Haftvermittler 13 und einer amorphen Kohlenstoffschi-  
 12 und nanoskaligen Titanoxidpartikeln 11 vorgesehen werden. So kann auch auf diamantartige Kohlenstoffschi-  
 16 nanostrukturierte Metalloxidschichten 14 aufgebracht werden, um beispielsweise das Einlaufverhalten von Verschleißschutzschichten mit einem niedrigeren Reibbeiwert zu verbessern.

[0043] Grundsätzlich können insbesondere nanostrukturierte Metalloxidschichten 14 mit oder ohne Einlagerungen bzw. oberer Deckschicht 15 als Verschleißschutzschicht für höchste Belastungskollektive mit neuartigen multifunktionalen Eigenschaften eingesetzt werden. So können diese zum Beispiel aufgrund ihrer Antihalt- und vorteilhaften Reibeigenschaften als Trockenschmierstoffschichten zur Bearbeitung von Edelstahl, Aluminium oder dergleichen verwendet werden. Darüber hinaus können auch die Selbstreinigungseigenschaften von Titanoxidschichten mit Antikratzeigenschaften kombiniert werden.

[0044] Generell sind oxidische Keramikschichten vorteilhaft, da diese eine hohe chemische Inertheit aufweisen, optisch transparent sind und einen niedrigeren Reibkoeffizienten als zum Beispiel Nitridschichten besitzen. Jedoch werden bislang keramische Oxidschichten vor allem aufgrund der sensibleren, reaktiveren Prozessführung als bei nitridischen Schichtsystemen nur bedingt in der Fertigung eingesetzt. Die Einstellung des stöchiometrischen Sauerstoffgehaltes kann hierbei beispielsweise durch Regelung optischer Emission erfolgen. Gleichzeitig zeichnen sich oxidische Keramiken im Einsatz durch gute Reibeigenschaften und hohe chemische Beständigkeit mit hohen Schichthärten aus.

[0045] Grundsätzlich können, entsprechend der Fig. 1, auch beispielsweise Chromoxidnanopartikel in einer nicht

näher dargestellten Hohlkatode hergestellt werden und unter Zugabe von Siliziumnitrid durch Siliziumspalten sowie Zugabe von Stickstoffgas bei gleichzeitiger Zusatzionisierung durch eine erfindungsgemäße Mikrowellenwellenquelle oder Hochstromionenquelle, beispielsweise nc-CrOx/a-SiNx, hergestellt werden. Optional kann wiederum anschließend eine Kohlenstoffschi-  
 15 zur Verbesserung der Einlaufeigenschaften entsprechender Bauteile aufgebracht werden. Erfindungsgemäß kann generell nanokristallines Pulvermaterial einer Ionenquelle zugeführt oder mittels dieser synthetisiert werden.

#### Bezugszeichenliste

- 15 1 Beschichtungskammer
- 2 Substrat
- 3 Schicht
- 4 Sputterquelle
- 5 Werkstoff
- 20 6 Sputterquelle
- 7 Werkstoff
- 8 Plasma
- 9 Gaszufuhr
- 10 Gaszufuhr
- 25 11 Nanokristallite
- 12 Netzwerk
- 13 Haftvermittler
- 14 Schicht
- 15 Deckschicht
- 30 16 C-Schicht

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur keramikartigen Beschichtung eines Substrates (2), wobei Mittel zum Aufbringen eines Werkstoffes (5, 7), insbesondere mittels eines Plasmas (8), auf einer Oberfläche des Substrates (2) vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, dass eine von einer Werkstoffquelle (4, 6) des zur Beschichtung vorgesehenen Werkstoffes (5, 7) verschiedenen Energiequelle zum örtlich definierten Energieeintrag in den vor und/oder auf der Oberfläche befindlichen Werkstoff (5, 7) vorgesehen ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mikrowelleneinheit für den Energieeintrag vorgesehen ist.
3. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ionenquelleneinheit für den Energieeintrag vorgesehen ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Hohlkathodeneinheit für den Energieeintrag vorgesehen ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine UV-Einheit für den Energieeintrag vorgesehen ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kühlvorrichtung zur Kühlung des Substrates (2) vorgesehen ist.
7. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Spannungsquelle zur Erzeugung eines elektrischen Feldes zwischen der Werkstoffquelle und dem Substrat (2) vorgesehen ist.
8. Verfahren zur Herstellung einer keramikartigen Beschichtung (3) eines Substrates (2), wobei ein Werkstoff (5, 7), insbesondere mittels eines Plasmas (8), auf einer Oberfläche des Substrates (2) aufgebracht wird, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vorrichtung nach

einem der vorgenannten Ansprüche verwendet wird.  
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein vom Werkstoffeintrag verschiedener, örtlich definierter Energieeintrag in den vor und/oder auf der Oberfläche befindlichen Werkstoff (5, 7) vorgesehen wird. 5

10. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Diffusion des auf der Oberfläche befindlichen Werkstoffs (5, 7) zur Bildung von Partikeln in Nanometergröße vorgesehen wird. 10

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

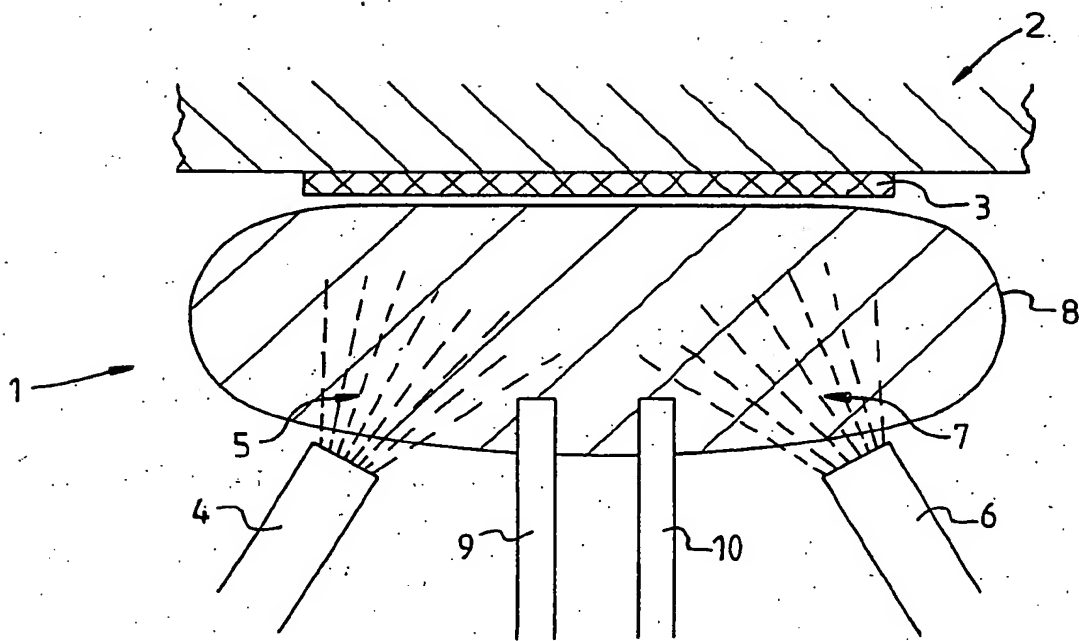


Fig. 1

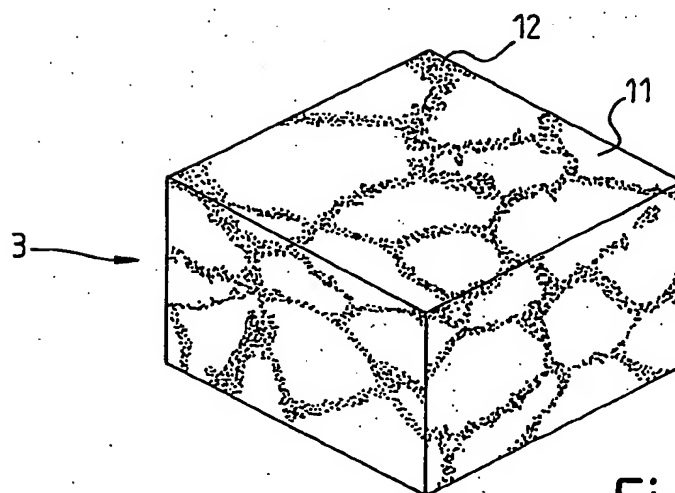


Fig. 2

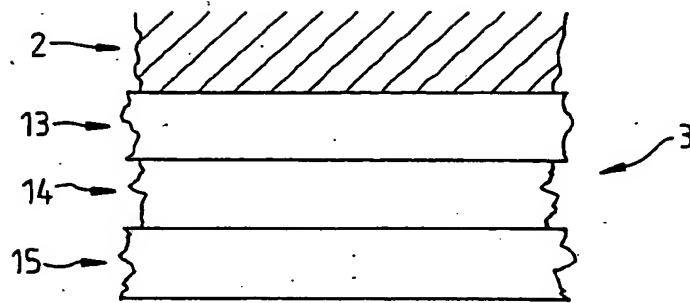


Fig. 3

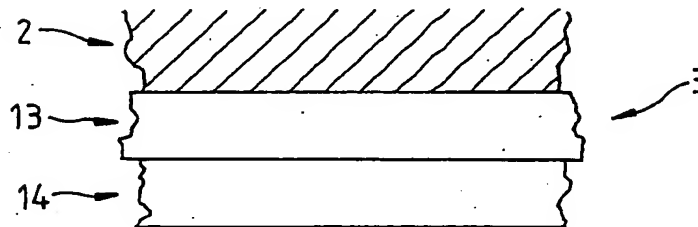


Fig. 4

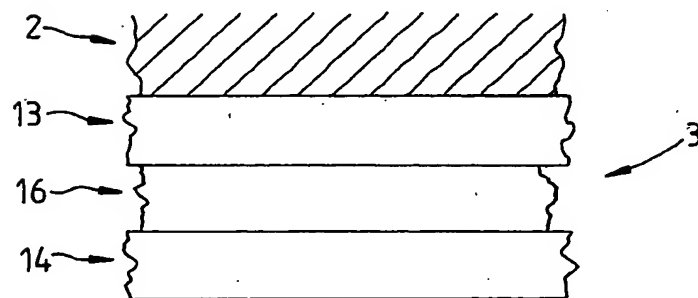


Fig. 5